تحلیل مکانی و زمانی رسوب معلق در حوزه آبریز قره سو

دکتر منوچهر فرج زاده[1]، مرتضی قره چورلو[2]

چکیده

تحقیق حاضر با هدف برآورد بار رسوب معلق حوزه‌ها با استفاده از عوامل هیدروکلیمایی و نیز تعیین الگوی تغییرات مکانی و زمانی رسوب در حوزه آبریز قره‌سو واقع در استان اردبیل صورت پذیرفت. برای انجام این تحقیق از داده‌های ۷ ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری هم نام طی یک دوره ۲۲ ساله استفاده گردید. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل‌های آماری رگرسیونی بین متغیرهای بارش، دبی و رسوب در محیط نرم افزار SPSS بود و مدل‌های بهینه با توجه به روابط همبستگی بالا و معنی داری قابل قبول استخراج گردید. نتایج حاصله حاکی از همبستگی بسیار ضعیف متغیر بارش متوسط با متوسط رسوب معلق در ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. در مقابل متغیر دبی همبستگی متوسط و معنی داری با میزان رسوب معلق داشت و در بهترین حالت بیش از ۵۲ درصد تغییرات رسوب دهی را تبیین نمود. نتایج تغییرات مکانی رسوب نشان داد که ایستگاه دوست بیگلو با متوسط سالانه رسوب ۱۷۴۹/۷۹ تن در روز بیشترین و ایستگاه لای با متوسط سالانه رسوب ۱/۷ تن در روز کمترین میزان رسوب دهی را در حوزه مورد مطالعه داشتند. تغییرات زمانی رسوب نشان دهنده بیشترین میزان رسوب در فروردین ماه وکمترین آن در مردادماه بود. از طرفی تغییرات سالانه رسوب در ایستگاه‌های لای و پل سلطانی با روند افزایشی و در سایر ایستگاه‌ها با روند کاهشی رو به رو بود، در حالی که روندهای دبی تنها در ایستگاه لای حالت افزایشی را نشان می‌داد. در این میان تغییرات سالانه بارش به غیر از ایستگاه سامیان در سایر ایستگاه‌ها روند افزایشی را نشان داده و نا هم‌سویی زیادی با روندهای رسوب و دبی از این لحاظ داشت.

کلمات کلیدی:

رسوب معلق، تغییرات زمانی ـ مکانی، تحلیل رگرسیونی، هیدروکلیماتیک، قره‌سو.

۱- دانشیار دانشگاه تربیت مدرس farajzam@modares.ac.ir .

۲- **کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی از دانشگاه تربیت مدرس**.M.sunrise87@yahoo.com

Analysis of the Spatial and Temporal Suspended sediment of Qarahsu Drainage Basin

Farajzadeh M[1], Garahchorlo M[2]

Abstract

This study is aimed at estimating suspended sediment load in watersheds using hydro-climatic factors with the intent to determine spatial and temporal variations of sediment yield in Qarah Su drainage basin, Ardebil Province. For this study, data from seven rain gauge and hydrometric stations during a 22-year period were used. The research was based on statistical regression analysis between variables of precipitation, discharge and sediment load using SPSS software, extracting optimal model according to high correlation and acceptable significance.The results indicated very poor correlation between the mean rainfall and mean suspended sediment load in the studied stations. In contrast, discharge showed moderate and significant correlation with the suspended sediment load, which in the best condition,it explained 52% of the precipitation variations. Results of spatial variations showed that Dostbaglu station with average annual sediment load of 1749/79 tons per day had the maximum sediment yield. Lay station with an average annual sediment load of 1/7 ton per day had the minimum sediment yield in the studied basin. Temporal variations showed the highest sediment load rate in April and the in July. Variations in annual sediment load have an increasing trend in Lay and Pole Soltani stations, whereas other stations have a decreasing trend. The discharge trends showed an increasing mode only in Lay station. Meanwhile, with the exception of the Samian station, variations in annual precipitation in the stations showed increasing trend, which has considerable difference with the trends of sediment load and discharge.

Key words:

Suspended sediment, Hydroclimatic, Spatial-temporal variations, Regression analysis, Qarahsu.

۱-۰Associated Professor of Tarbiat Modares University, farajzam@modares.ac.ir..

۲- Masters of Geomorphology from Tarbiat Modares University

مقدمه

در قرن اخیر، پدیده فرسایش خاک و انتقال رسوب برای جامعه بشری مسائل و مشکلات زیادی بـه وجـود آورده است، به طوری که تجزیه و تحلیل آن و پیدا کردن راه حل‌های سریع و به موقع مستلزم تحقیقـات دامنـه داری در سطح جهان است (شعبانی و همکاران، ۱۳۸٦). هر ساله بالغ بر ۲۰ میلیارد تن رسوب توسـط رودخانـه‌های جهـان حمل می‌شود که بخش عمده آن را رسوبات معلق تشکیل می‌دهد (معتمد وزیری و همکاران، ۱۳۸۸). رسـوب‌های حمل شده توسط رودخانه مشکلات زیادی از جمله رسوب گذاری در مخازن سدها و کـاهش حجـم مفیـد آنهـا، تغییر مسیر رودخانه به دلیل رسوب گذاری در بستر آنها، کاهش ظرفیت عبور آبراهـه‌ها و تأسیسـات انتقـال آب و تغییر کیفیت آب به لحاظ کاربردهای آشامیدنی و کشاورزی را به وجود می‌آورند (فیض نیا و همکاران، ۱۳۸٦). از طرفی برآورد مقدار رسوب در پروژه‌های حفاظت خاک، طراحی و اجرای سازه‌های آبـی، آبخیـزداری و نیـز بهـره برداری از منابع آب از اهمیت به سزایی برخوردار است (جلالی و همکاران، ۱۳۸٦). متأسفانه به دلیل شرایط آب و هوایی، هیدرولوژیکی، زمین شناسی و فشار بیش از حد به اراضی حوزه‌هـای آبخیـز، رودخانـه‌های کشـور مـا در مقایسه با رودخانه‌های جهان رسوب بیشتری را حمل می‌کنند (مساعدی و همکاران، ۱۳۸۵) و سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب از گنجایش مفید سدها بر اثر انباشته شدن رسوبات کاسته می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵).

پدیده‌های فرسایش و انتقال رسوب در آبراهه‌ها و رودخانه‌ها از پیچیده ترین مباحث حوزه‌های آبخیز می‌باشند (جلالی و همکاران، ۱۳۸٦). بی گمان با توجه بـه تعـدد و تغییـرات فـراوان عوامـل دخیـل در ایجـاد فرسـایش و تخریب، حتی در یک زیر حوزه کوچک، قانونمند کردن طبیعت و روش‌های بررسـی بسـیار مشـکل اسـت یعنـی همانند آنچه در علوم پایه مانند ریاضی، فیزیک و شیمی وجود دارد، مباحث علوم کاربردی به ویژه طبیعی را نمـی توان در قالب فرمول‌های غیر قابل تغییر بیان کرد، ولی می‌توان قوانین حاکم را در قالب رابطهٔ آماری نمـایش داد و عوامل اصلی در تولید فرسایش و رسوب یک حوزه را مشخص کرد. این کار به برنامه ریزی‌های بهتر برای کاهش خسارات ناشی از فرسایش و رسوب در یک حوزه کمک می‌کند (شعبانی و همکاران، ۱۳۸٦). در این میان بایسـتی توجه داشت که برآورد بار رسوبی رودخانه‌ها و حوزه‌های آبخیز نیازمنـد درک درسـت تغییـرات مکـانی و زمـانی رسوب می‌باشد و عدم در نظر گرفتن این موارد ممکن است باعث تصمیم گیری و قضاوت نادرست و غیر واقعـی در مورد رفتار فرسایش و رسوب در برنامه ریزی و عملیات اجرایی حوزه‌های آبخیز گـردد (وروانـی و همکـاران، ۱۳۸٦).

مطالعات فراوانی برای شرح تغییرات بار رسوبی توسط اثرات ترکیبی خصوصیات مختلف حوضـهٔ زهکشـی در

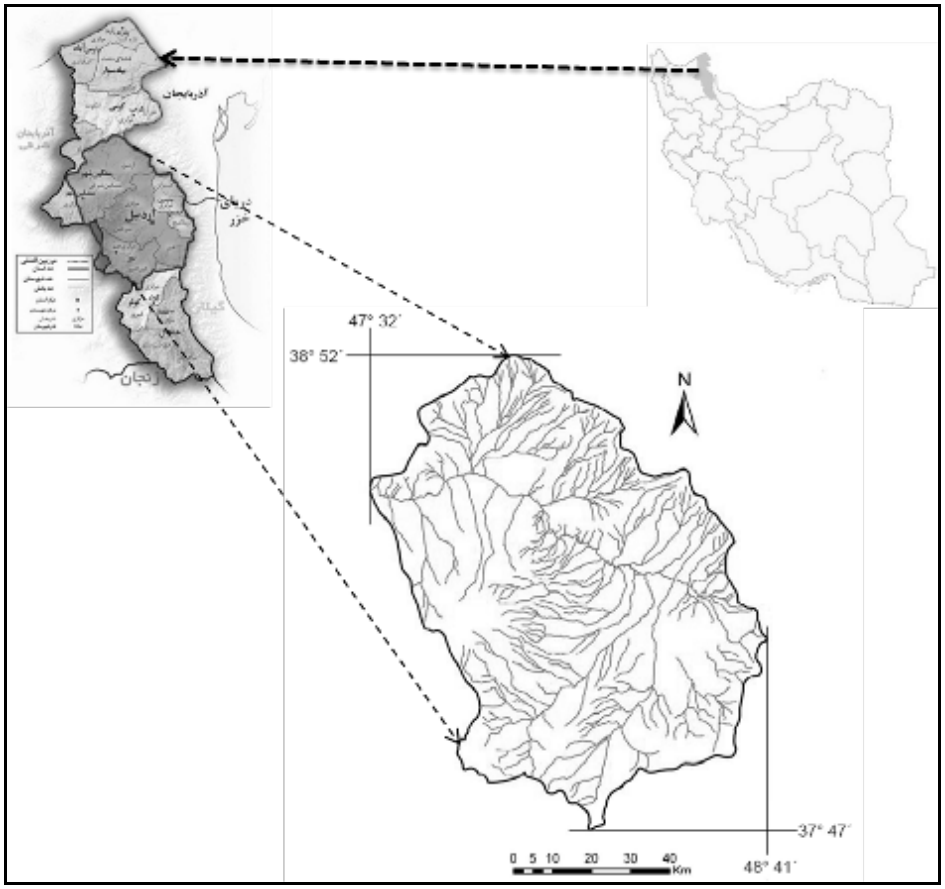
سراسر جهان انجام شده که این روابط عموما به صورت مدل‌های رگرسیونی چند متغیره یگانه یا چند گانه بیان می‌شوند (خداشناس و همکارن، ۱۳۸۷). از بین تحقیقات خارجی می‌توان از Branson و Owen (۱۹۷۰)، Jansen و Painter (۱۹۷۹)، کلو و والینگ (۱۹۸۳: به نقل از همتی و همکاران)، Ferraresi (۱۹۹۰)، Bray و Xie (۱۹۹۳)، Colvo و همکاران (۱۹۹۷)، Verstraetenو Poesen (۲۰۰۱)، Sanjay و همکاران (۲۰۰۳)، Restrepo و همکاران (۲۰۰٦)، Grauso و همکاران (۲۰۰۷)، Tramblay و همکاران (۲۰۰۸)، Walling (۲۰۰۸)، Restrepo و همکاران (۲۰۰۹)، Roman و همکاران (۲۰۱۰) نام برد و در بین محققین داخلی می‌توان به مطالعات عرب خدری و زرگر (۱۳۷٤)، میرابوالقاسمی و مرید (۱۳۷٤)، قدیمی عروس محله (۱۳۷۸)، همّتی و همکاران (۱۳۸۰)، وروانی و همکاران (۱۳۸۱) آقا بیگی (۱۳۸٤) ثقفیان و همکاران (۱۳۸٤) حکیم خانی و عرب خدری (۱۳۸۵) صادقی و همکاران (۱۳۸۵) شعبانی و همکاران (۱۳۸٦) معظمی و فیض نیا (۱۳۸٦) خداشناس و همکاران (۱۳۸۷) اشاره نمود. پیداست که با درنظر گرفتن خصوصیات متفاوت حوزه‌های آبریز از برخی جهات و نیز رویکردهای مختلف محققین در زمینه برآورد رسوب با استفاده از مدل‌های رگرسیونی، معادلات ارائه شده بیشتر برای منطقه مورد مطالعه کاربرد داشته و در هر حوزه منطقه ای بایستی به ایجاد روابط خاصّ آن منطقه اقدام نمود. از طرفی آنچه که در بین این تحقیقات و مطالعات به خصوص در داخل کشور خلا آن بیشتر احساس می‌گردد از یک سو موضوع تغییرات زمانی رسوب دهی حوزه‌ها به ویژه در بلند مدت و متعاقب آن تعیین روندهای مربوطه است که برنامه ریزی و مدیریت حوزه‌ها را با توجه به آینده یاری خواهد نمود و از سوی دیگر مبحث تغییرات مکانی ـ فضایی میزان بار رسوبی حوزه**های** آبخیز می‌باشد که در این زمینه جهت درک بهتر تغییرات مکانی ـ فضایی میزان بار رسوبی حوزه‌ها، تهیه نقشه پراکنش مکانی بار رسوبی حوزه‌ها ضروری می‌نماید. از جمله کارهای تحقیقی معدودی که در این زمینه انجام گردیده است می‌توان به Lajczak و Jansson (۱۹۹۳)، Bobrovistkaya و همکاران (۲۰۰۳)، Yang و همکاران (۲۰۰٤)، Lecce و همکاران (۲۰۰٦) در خارج کشور و میر ابوالقاسمی و مرید (۱۳۷٤)، آقا بیگی (۱۳۸٤)، تلوری و همکاران (۱۳۸٦) در داخل کشور اشاره کرد که در بیشتر این تحقیقات بعد تغییرات زمانی مد نظر قرار گرفته است.

با در نظر گرفتن موارد فوق و با محور قرار دادن عوامل مؤثر بر رسوب دهی و همچنین تعیین تغییرات زمانی ـ مکانی بار رسوب معلق در داخل حوزه‌ها، تحقیق حاضر با هدف تشخیص، تعیین و شناساندن روابط متغیرهای بارش و دبی با میزان بار رسوب معلق رودخانه‌ها از یک سو و تغییرات زمانی ـ مکانی رسوب دهی آنها از سوی دیگر انجام یافته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲- ۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز قره سو به عنوان یکی از زیرحوزه‌های حوزه آبریز ارس در مختصات جغرافیایی ´۳۲ °٤٧ تا ´٤١ °٤٨ طول شرقی و ´٤٧ °٣٧ تا ´٥٢ °٣٨ عرض شمالی واقع گردیده است. این حوزه با مساحت بالغ بر ٧٤٥٥ کیلومتر مربع قسمت مرکزی استان اردبیل را شامل شده و بخش کوچکی از آن نیز در محدوده استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است. رشته صلوات در شمال، رشته کوه سبلان در غرب، رشته تالش در شرق و ادامه رشته بزغوش در جنوب آن را محدود کرده‌اند.



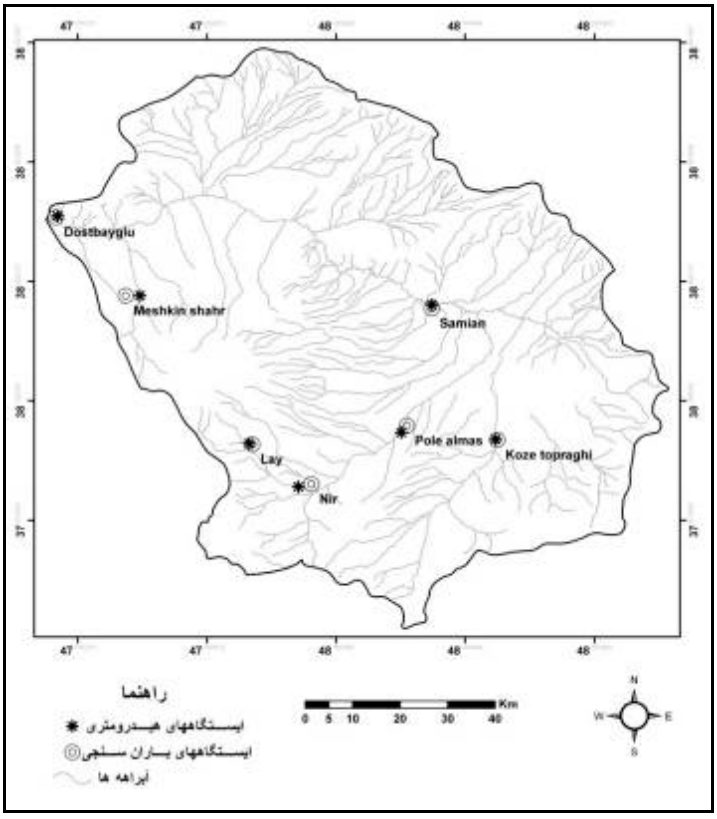
شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی حوزه آبریز قره سو

اختلاف ارتفاع بین پست ترین (٧٦٠ متر از سطح دریا) و بلندترین نقطه آن (٤٨٠٠ متر از سطح دریا) برابر با ٤٠٤٠ متر می‌باشد که مسلما این عامل تأثیر قابل توجهی بر شرایط بیوکلیمایی و تنوع زیستی در منطقه مورد مطالعه می‌تواند داشته باشد. میزان ارتفاع از سطح دریا و جهت قرار گیری ارتفاعات غربی و شرقی در مقابل جریانات باران آور از یک طرف سبب افزایش بارندگی در ایستگاه‌های رو به باد گشته و از طرف دیگر مانع نفوذ رطوبت به ایستگاه‌های داخلی می‌گردد (مجیدپور، ۱۳۸۱). بیشینه بارندگی فصلی حوزه مورد مطالعه به تبعیت از

بارندگی‌های آذربایجان در فصل بهار اتفاق می‌افتد و کمینه بارندگی فصلی حوزه مربوط به فصل تابستان می‌باشد. در کل حوزه قره سو یک سیستم برفی ـ سیلابی است و مقدار زیادی از آب رودخانه‌ها، حاصل ذوب برفی است که در فصل زمستان تا اواخر فروردین ماه در ارتفاعات انباشته شده است که این انبار بزرگ آبی در تابستان به تدریج ذوب گشته و در رودخانه‌ها جریان می‌یابد (مهندسین مشاور بوم آباد، ١٣٧٦).

۲-۲- داده‌ها و روش تحقیق

در این مطالعه از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری و باران سنجی اخذ شده از سازمان مدیریت منابع آب ایران و همچنین سازمان آب منطقه ای استان اردبیل استفاده گردید. در انتخاب ایستگاه‌ها، اولویت با آمار بلند مدت و کامل نمونه‌برداری‌های رسوب در ایستگاه‌های هیدرومتری بوده و ایستگاه‌های باران سنجی نیز بر این اساس منطبق گردید. ایستگاه**های** منتخب شامل ۷ ایستگاه همنام (به غیر از ایستگاه پل سلطانی) به اسامی پل الماس، پل سلطانی، دوست بیگلو، سامیان، کوزه تپراقی، لای و نیر بودند که موقعیت آنها در شکل شماره ۲ مشخص شده است. دوره زمانی مشترک مورد استفاده در این تحقیق یک دوره ۲۲ ساله از سال آبی ٦٤– ٦٥ تا سال آبی ٨٥– ٨٦ را شامل می‌شود که در انتخاب این پایه زمانی مشترک معیارهای کامل بودن، طول کافی داده‌ها و استفاده از آخرین داده‌های در دسترس مدّ نظر قرار گرفت. عرب خدری و حکیم خانی (۱۳۸۵) بر این عقیده‌اند که ۲۰ سال آمار رسوب می‌تواند تقریبا معرف تمام تغییرات اقلیمی و در نتیجه تغییرات رسوب باشد.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو

در انجام تجزیه و تحلیل‌ها و اخذ نتایج مربوطه از نرم افزارهای ArcGIS 9.3 ، Excell و SPSS بهره گرفته شد. بدین ترتیب که برقراری ارتباط بین متغیرها و ایجاد مدل‌های برآورد رسوب در قالب تحلیل رگرسیونی دو متغیره و چند متغیره به روش جبری در محیط نرم افزاری SPSS صورت گرفت، نمایش تغییرات زمانی و کشف روندهای متغیرها در قالب نمودارهای توالی زمانی در محیط نرم افزاری Excel میسر گردیده و در نهایت جهت نمایش تغییرات مکانی رسوب به صورت نقشه از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده گردید.

در راستای اهداف تحقیق ابتدا تحلیل‌های آماری متغیرهای بارش، دبی و رسوب و نتایج به دست آمده از تغییرات زمانی و مکانی آنها به ترتیب در قالب جداول و نمودارهای مربوطه آورده شده و سپس به بررسی روابط رگرسیونی متغیرهای بارش و دبی با میزان رسوب دهی ایستگاه‌های نمونه پرداخته شده است. هر چند که تفاوت‌ها و تشابهات موجود در تغییرات زمانی متغیرها نیز به گونه ای می‌تواند گویای چگونگی ارتباط میان متغیرها باشد.

۳- نتایج و بحث

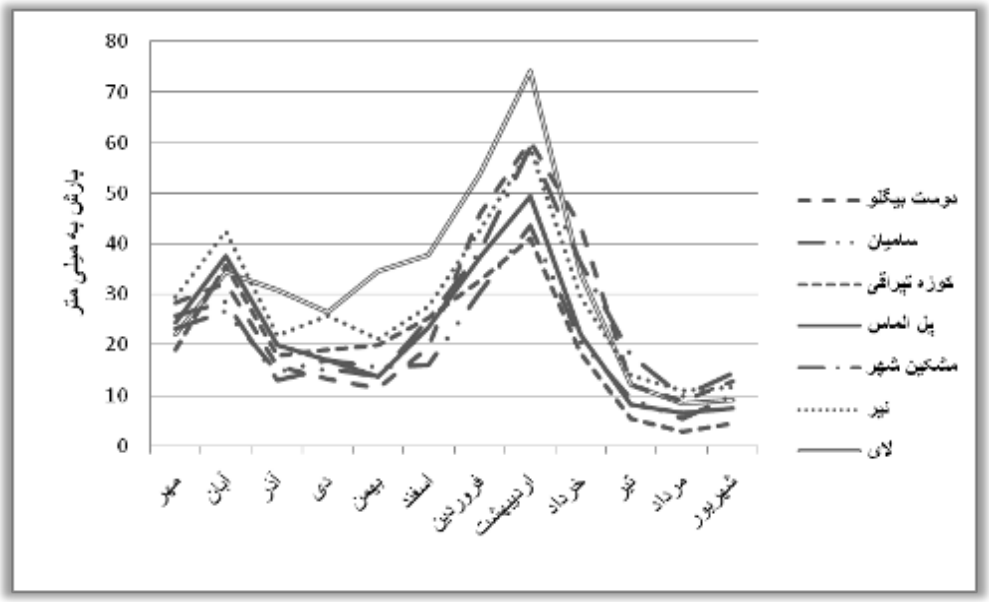
۳- ۱- تحلیل تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای بارش، دبی و رسوب

الف- تغییرات زمانی ـ مکانی بارش

همان طور که از مقادیر جدول شماره ۱ و همچنین شکل شماره ۲ پیداست در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بیشترین بارندگی در ماه اردیبهشت رخ داده است که بالاترین بارندگی این ماه در ایستگاه لای با ۷٤/۱ میلی متر و پایین ترین آن در ایستگاه کوزه تپراقی با ٤۱ میلی متر مشاهده می‌شود. بارش بیشتر این ماه نسبت به ماه‌های دیگر به دلیل فعالیت سامانه‌های غربی و وجود منبع رطوبتی دریای مدیترانه و نیز عامل همرفت دامنه ای در فصل بهار می‌باشد که شرایط را برای وقوع بیشینه بارش ماهانه در آذربایجان فراهم می‌آورد (علیجانی، ۱۳۸۵). در مقابل مرداد ماه به خصوص به دلیل نبود منابع رطوبتی کمترین بارندگی را داشته است که کمترین بارندگی این ماه به ایستگاه کوزه تپراقی با ۲/۸ میلی متر و بیشترین آن به ایستگاه نیر با ۱۱ میلی متر اختصاص دارد. بیشترین اختلاف مابین پرباران ترین و کم باران ترین ماه (دامنه تغییرات) مربوط به ایستگاه لای با ٦٥/۸ میلی متر می‌باشد در حالی که ایستگاه‌های کوزه تپراقی و سامیان به ترتیب با ۳۸/۲ و ۳۸/۳ میلی متر کمترین اختلاف را از این لحاظ دارا هستند. این موضوع می‌تواند ناشی از عامل ارتفاع و نیز فاصله از کوه بوده و نشانگر تأثیر عوامل محلّی در مقادیر بیشینه و کمینه بارش ماهانه باشد. همبستگی میزان بارش سالانه ایستگاه‌ها با ارتفاع آنها در جدول شماره ۱ پیداست. رضایی بنفشه (۱۳۸۲) نیز طی مطالعه خود به این نتیجه رسید که نقش عوامل محلّی در رژیم بارندگی حوزه مشهود می‌باشد.

جدول (۱): توزیع بارش ماهانه (به میلی متر) در ایستگاه‌های منتخب حوزه آبریز قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

ماهها	ایستگاه‌های باران سنجی							میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
	لای	نیر	مشکین شهر	پل الماس	کوزه تپراقی	سامیان	دوست بیگلو			
مهر	۲۱,۹	۲۹,۶	۲۵,۸	۲۴,۴	۱۹,۱	۲۳,۳	۲۸,۳	۲۴,۶	۳,۶۴	.۱۵
آبان	۳۴,۲	۴۲,۵	۲۸,۷	۳۷,۷	۳۵,۷	۲۶,۷	۳۲,۱	۳۳,۹	۵,۳۸	۰,۱۶
آذر	۳۰,۷	۲۱,۹	۱۳,۱	۲۰,۰	۱۷,۸	۱۴,۷	۱۵,۷	۱۹,۱	۵,۹۴	۰,۳۱
دی	۲۶,۴	۲۵,۸	۱۵,۴	۱۷,۰	۱۹,۱	۱۷,۱	۱۳,۲	۱۹,۱	۵,۰۸	۰,۲۷
بهمن	۳۴,۴	۲۱,۲	۱۳,۸	۱۳,۷	۱۹,۹	۱۵,۵	۱۱,۴	۱۸,۶	۷,۸۲	۰,۴۲
اسفند	۳۷,۷	۲۷,۷	۲۵,۲	۲۳,۴	۲۵,۲	۱۶,۱	۱۹,۴	۲۵,۰	۶,۸۵	۰,۲۷
فروردین	۵۳,۶	۴۲,۸	۳۸,۶	۳۷,۳	۳۲,۶	۳۰,۴	۴۵,۸	۴۰,۲	۷,۹۸	۰,۲۰
اردیبهشت	۷۴,۱	۵۸,۹	۵۹,۲	۴۹,۵	۴۱,۰	۴۳,۷	۶۰,۲	۵۵,۲	۱۱,۳۹	۰,۲۱
خرداد	۳۴,۱	۲۹,۵	۳۶,۲	۲۲,۱	۱۸,۲	۲۰,۷	۴۳,۴	۲۹,۲	۹,۲۹	۰,۳۲
تیر	۱۲,۰	۱۴,۰	۱۸,۰	۸,۲	۵,۳	۹,۳	۱۲,۱	۱۱,۳	۴,۱۴	۰,۳۷
مرداد	۸,۳	۱۱,۰	۹,۸	۶,۵	۲,۸	۵,۴	۸,۸	۷,۵	۲,۸۱	۰,۳۷
شهریور	۹,۰	۱۱,۷	۱۴,۴	۷,۴	۴,۵	۱۰,۰	۱۲,۸	۱۰,۰	۳,۳۷	۰,۳۴
مجموع	۳۷۶,۵	۳۳۶,۶	۲۹۸,۳	۲۶۷,۲	۲۴۱,۲	۲۳۲,۸	۳۰۳,۲	۲۹۳,۶	۵۱,۶	۰,۲۸
دامنه تغییرات	۶۵,۸	۴۷,۹	۴۹,۴	۴۳	۳۸,۲	۳۸,۳	۵۱,۴	۴۷,۷	-	-
انحراف معیار	۱۳,۷۱	۱۶,۷۶	۱۰,۵۴	۱۲,۱۹	۱۳,۴۳	۱۴,۲۹	۱۴,۲۳	۱۸,۸۵	-	-
ارتفاع	۲۰۳۸	۱۶۲۳	۱۴۸۵	۱۴۸۰	۱۴۰۲	۱۲۸۶	۸۱۶	۱۴۳۳,۷۸	-	-

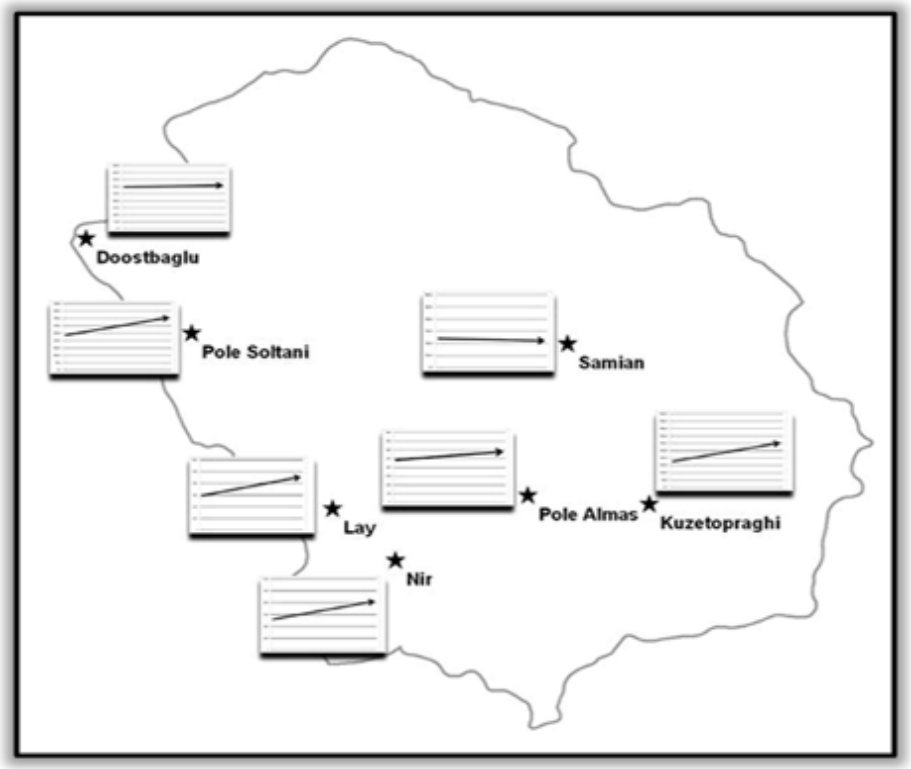


شکل ۳- نمودار توزیع بارش‌های ماهانه در ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

با توجه به بیشینه بارش ماهانه ایستگاه‌ها در ماه اردیبهشت و کمینه آن در مردادماه حداکثر انحراف معیار متوسط بارش ماهانه حوزه نیز در اردیبهشت ماه (۱۱/۳۹) و حداقل آن در مردادماه (۲/۸۱) دیده می‌شود. از طرفی نظر بر ضریب تغییرات بارندگی‌های متوسط ماهانه حوزه نشان می‌دهد که ماه‌های مهر و آبان با اختلاف اندک از

هم به ترتیب با ضریب تغییرات ۱۵ و ۱٦درصد، بیشترین ثبات در وقوع بارش‌های ماهانه حوزه را داشته و در مقابل بهمن ماه با ضریب تغییرات ٤٢ درصد کمترین نظم و ثبات را از این لحاظ دارد. آنچه که از مقایسه مجموع بارش‌های ماهانه در ایستگاه‌های منتخب حاصل می‌شود نشان دهنده بیشترین بارندگی سالانه در ایستگاه لای با میانگین بارش سالانه ۳۷٦/۵ میلی متر و کمترین بارندگی سالانه در ایستگاه سامیان با متوسط بارش سالانه ۲۳۲/۸ میلی متر می‌باشد.

در ادامه تغییرات زمانی بارش، با استفاده از نمودارهای توالی زمانی بارش در ایستگاه‌های منتخب، روندهای زمانی بدست آمده از این نوسانات سالانه طی ۲۲ سال آماری بر روی محدوده حوزه به نمایش درآمد (شکل ٤). با توجه به نقشه فوق به غیر از ایستگاه سامیان که روند نزولی را نشان می‌دهد، در سایر ایستگاه‌ها با سیر افزایشی بارش رو به رو هستیم. در این بین شیب صعودی روند بارش در ایستگاه دوست بیگلو به نسبت سایر ایستگاه‌ها ملایم تر بوده و احتمال تغییر روند بارش سالانه در آینده در این ایستگاه بیشتر می‌باشد.



شکل ٤- نقشه تغییرات مکانی روندهای بارش سالانه در ایستگاه‌های نمونه حوزه قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

ب ـ تغییرات زمانی ـ مکانی دبی

نتایج حاصل از تغییرات دبی ماهانه (جدول ۲) در ایستگاه‌های نمونه نشان می‌دهد کمترین دبی متوسط سالانه مربوط به ایستگاه لای با ۱۲/ . متر مکعب بر ثانیه و بیشترین آن مربوط به ایستگاه دوست بیگلو با ٦/۹٦ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. ایستگاه لای کوچک ترین زیرحوزه از لحاظ مساحت بوده و ایستگاه دوست بیگلو به عنوان نقطه

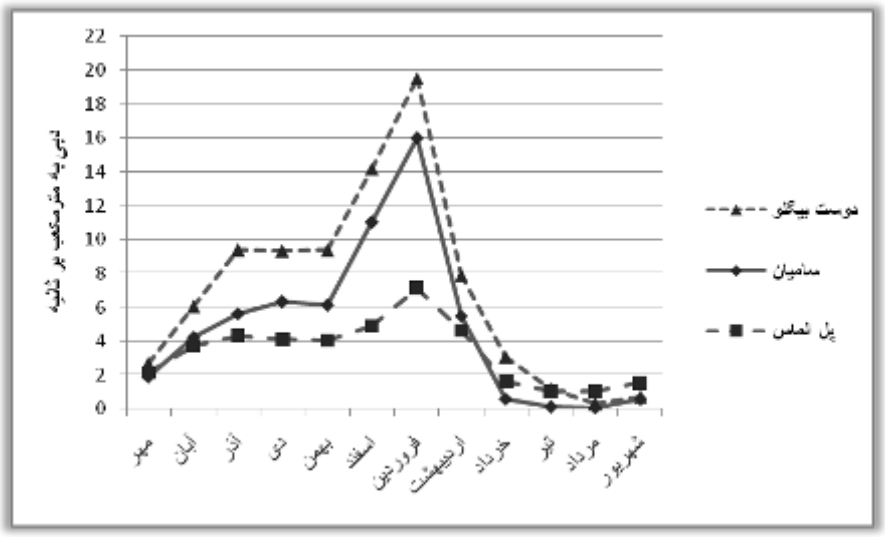
خروجی حوزه محسوب می‌شود. بیشترین دامنه تغییرات آب دهی ماهانه مربوط به ایستگاه دوست بیگلو با ۱۹/۲۱ متر مکعب بر ثانیه و کم ترین آن متعلق به ایستگاه لای با ۰۸/ . متر مکعب بر ثانیه می‌باشد. به همان منوال دبی ماهانه ایستگاه دوست بیگلو بیشترین انحراف معیار برابر با رقم ۵۵/۸۸ و ایستگاه لای کمترین انحراف معیار دبی ماهانه را برابر با رقم ۰۳/ . دارد. اما آنچه که از ارقام میانگین کل تعمیم یافته برای کل حوزه بر می‌آید نشان دهنده بیشترین آب دهی در ماه فروردین با متوسط ۷/۰۱ متر مکعب بر ثانیه و کمترین آب دهی در مرداد ماه با متوسط ۲۹/ . متر مکعب بر ثانیه است. حد اکثر انحراف معیار دبی ماهانه نیز در ماه فروردین با رقم ۷/۷٤ و حداقل آن در مرداد ماه با رقم ۳۸/ . به چشم می‌خورد. از طرفی مقادیر ضریب تغییرات حاکی از بیشترین ناهمگنی و بی نظمی دبی ماهانه در ماه مرداد برابر با ۱۳۱ درصد و کمترین ناهمگنی دبی ماهانه در اردیبهشت ماه برابر با ۹۱ درصد است. در کل بی نظمی رژیم آب دهی ماهانه در حوزه و عدم اعتماد به تأمین آب مورد نیاز در طول ماه‌های مختلف سال محرز است.

جدول (۲): توزیع دبی ماهانه (به متر مکعب بر ثانیه) در ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو (۱۳٦٤- ۱۳۸۵)

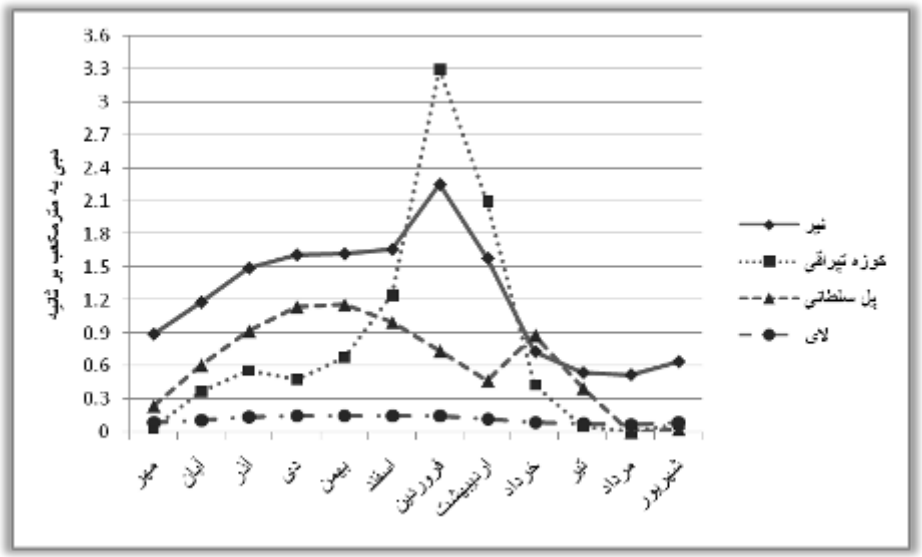
ماهها	ایستگاه‌های هیدرومتری							میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
	لای	نیر	پل سلطانی	پل الماس	کوزه تپراقی	سامیان	دوست بیگلو			
مهر	۰,۰۹	۰,۸۹	۰,۲۴	۲,۱۵	۰,۰۴	۱,۸۹	۲,۶۴	۱,۱۳	۱,۰۸	۰,۹۵
آبان	۰,۱۱	۱,۱۸	۰,۶۱	۳,۷۰	۰,۳۷	۴,۲۶	۶,۰۶	۲,۳۳	۲,۳۳	۱
آذر	۰,۱۴	۱,۴۹	۰,۹۲	۴,۳۳	۰,۵۶	۵,۶۲	۹,۳۷	۳,۲۰	۳,۴۱	۱,۰۶
دی	۰,۱۵	۱,۶۱	۱,۱۴	۴,۱۰	۰,۴۸	۶,۳۱	۹,۳۱	۳,۳۰	۳,۴۵	۱,۰۴
بهمن	۰,۱۵	۱,۶۲	۱,۱۶	۴,۰۴	۰,۶۸	۶,۱۲	۹,۳۸	۳,۳۱	۳,۴۱	۱,۰۳
اسفند	۰,۱۵	۱,۶۶	۱,۰۰	۴,۹۰	۱,۲۵	۱۱,۰۰	۱۴,۱۸	۴,۸۸	۵,۵۵	۱,۱۴
فروردین	۰,۱۴	۲,۲۵	۰,۷۴	۷,۱۳	۳,۳۰	۱۵,۹۶	۱۹,۵۲	۷,۰۱	۷,۷۴	۱,۱۰
اردیبهشت	۰,۱۲	۱,۵۸	۰,۴۷	۴,۶۳	۲,۱۰	۵,۴۹	۷,۸۸	۳,۱۸	۲,۸۸	۰,۹۱
خرداد	۰,۰۹	۰,۷۳	۰,۸۸	۱,۶۱	۰,۴۳	۰,۵۹	۳,۰۴	۱,۰۵	۰,۹۹	۰,۹۴
تیر	۰,۰۸	۰,۵۴	۰,۴۰	۱,۰۴	۰,۰۵	۰,۱۰	۱,۱۵	۰,۴۸	۰,۴۶	۰,۹۶
مرداد	۰,۰۷	۰,۵۲	۰,۰۰۲	۱,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۹	۰,۳۱	۰,۲۹	۰,۳۸	۱,۳۱
شهریور	۰,۰۹	۰,۶۴	۰,۰۳	۱,۵۳	۰,۰۷	۰,۵۶	۰,۷۰	۰,۵۱	۰,۵۳	۱,۰۴
میانگین	۰,۱۲	۱,۲۳	۰,۶۳	۳,۳۴	۰,۷۹	۴,۸۳	۶,۹۶	۲,۶	۲,۵۳	۰,۹۷
دامنه تغییرات	.۰۸	۱,۷۳	۱,۱۶	۶,۱۰	۳,۲۹	۱۵,۸۷	۱۹,۲۱	۶,۷۲	-	-
انحراف معیار	.۰۳	۰,۵۶	۰,۴۰	۱,۸۸	۱,۰۰	۴,۸۳	۵,۸۸	۲,۰۰	-	-

با این که ارقام میانگین کل تعمیم یافته نشان دهنده بیشترین آب دهی ماهانه در فروردین ماه است در ایستگاه‌های پل سلطانی (مشکین شهر) و لای شاهد نتیجه دیگری هستیم که نشان از وقوع بیشترین دبی ماهانه ایستگاه‌های مذکور در فصل زمستان و ماه‌های دی و بهمن دارد. این امر می‌تواند ناشی از کوهستانی بودن

زیرحوزه‌های بالادست ایستگاه‌های مزبور و رژیم برفی ـ بارانی آنها باشد.



شکل ۵- نمودار توزیع دبی‌های ماهانه در ایستگاه‌های دوست بیگلو، سامیان و پل الماس (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

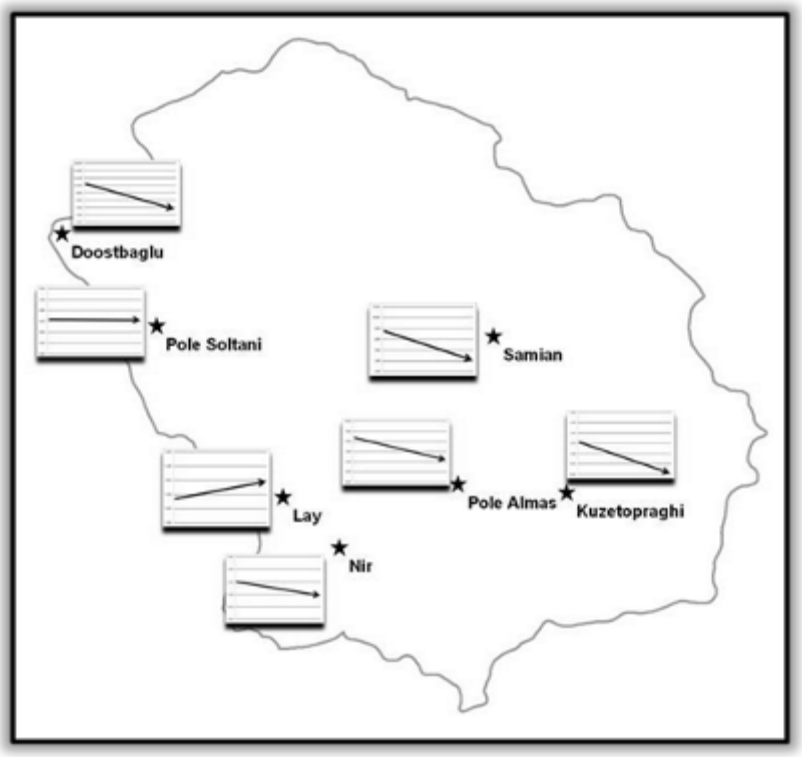


شکل ٦- نمودار توزیع دبی‌های ماهانه در ایستگاه‌های نیر، کوزه تپراقی، پل سلطانی و لای (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

اوج گیری ناگهانی آب‌دهی ماهانه در گذر از اسفند به فروردین و افت متقابل آن در گذر از فروردین به اردیبهشت به غیر از دو ایستگاه لای و پل سلطانی (به عنوان کم دبی ترین ایستگاه ها) قابل توجه می‌باشد (شکل‌های ۵ و٦) و می‌تواند حاکی از عملکرد ذوب برف زمستانی و تغییرات دبی پایه باشد. در این بین بهره برداری‌های انسانی از منابع آب در فصل بهار نیز می‌تواند مزید بر علت باشد. از سوی دیگر اختلاف فاحشی بین میزان دبی ماه‌های آذر، دی و بهمن (ماه‌های سرد سال) با یکدیگر به خصوص در ایستگاه‌های با دبی زیاد دیده نمی شود.

و اما نتایج حاصل از بررسی نوسانات دبی سالانه در ایستگاه‌های نمونه حوزه قره سو (شکل ۷) نشان می‌دهد

به غیر از ایستگاه لای که با روند افزایشی دبی سالانه روبروست در سایر ایستگاه‌ها، روند کاهشی دبی سالانه مشاهده می‌شود. در این میان سیر کاهشی دبی در ایستگاه پل سلطانی از شیب بسیار ملایمی برخودار بوده و نزدیک به الگوی بی روندی است.



شکل ۷- نقشه تغییرات مکانی روندهای دبی سالانه در ایستگاه‌های نمونه حوزه قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

ج ـ تغییرات زمانی ـ مکانی رسوب

در اندازه گیری بار رسوبی در مطالعات مربوط به فرسایش خاک موانع و محدودیت هایی وجود دارد که لازم است تشخیص داده شود. این موانع هم با معضلات اندازه گیری ارتباط دارد و هم در کنار آن به قابل اعتماد بودن داده‌ها و نیز به مشکلات مرتبط با تفسیر داده‌های حاصل مربوط می‌گردد. این موانع و مشکلات بر آگاهی ما از شدت فرسایش بالادست حوزه‌ها تأثیر فراوانی می‌گذارد (لال، ۱۳۸۳). در حوزه مورد مطالعه نمونه گیری‌های رسوب در ایستگاه‌های هیدرومتری در سال‌هاي مختلف از لحاظ پوشش دادن ماه‌ها با یکدیگر تفاوت زیادی داشتند، به طوری که در برخی از سال‌ها برای تمام ۱۲ ماه سال، نمونه وجود داشت و در مقابل بعضی از سال‌های آماری تنها برای نصف ماه‌های سال نمونه داشتند. این موضوع بدون شک انجام تجزیه و تحلیل‌ها را با کاستی‌ها و مشکلاتی رو به رو می‌سازد.

به هر حال نتایج حاصل از تغییرات ماهانه رسوب‌دهی در ایستگاه‌های نمونه (جدول ۳) حاکی از وقوع بیشترین بار رسوبی در ایستگاه دوست بیگلو با متوسط رسوب ماهانه ۱٦۲٦/٤۳ تن در روز و کمترین آن در ایستگاه لای با

متوسط رسوب ماهانه ۱/۹۲ تن در روز می‌باشد. به همان ترتیب بیشترین اختلاف مابین حداکثر و حداقل رسوب در ماه‌های سال به ایستگاه دوست بیگلو به میزان ٤٥٧٧/٩٧ تن در روز تعلق دارد و در مقابل ایستگاه لای کمترین تفاوت بین حداکثر و حداقل رسوب ماهانه را به میزان ٤/٥٣ تن در روز دارا می‌باشد. همانند نتایج بدست آمده برای میزان بار رسوبی ایستگاه‌ها و نیز شاخص دامنه تغییرات رسوب در ماه‌های مختلف، ایستگاه دوست بیگلو بیشینه انحراف معیار رسوب ماهانه را با رقم ١٤٢٦/٤٥ کسب نموده است و کمینه انحراف معیار رسوب متوسط ماهانه به ایستگاه لای با رقم ١/٣٦ تعلق دارد. در واقع اختلاف بین کوچکترین زیرحوزه یعنی لای چای با کل حوزه به ازای ایستگاه دوست بیگلو در اینجا معلوم می‌گردد.

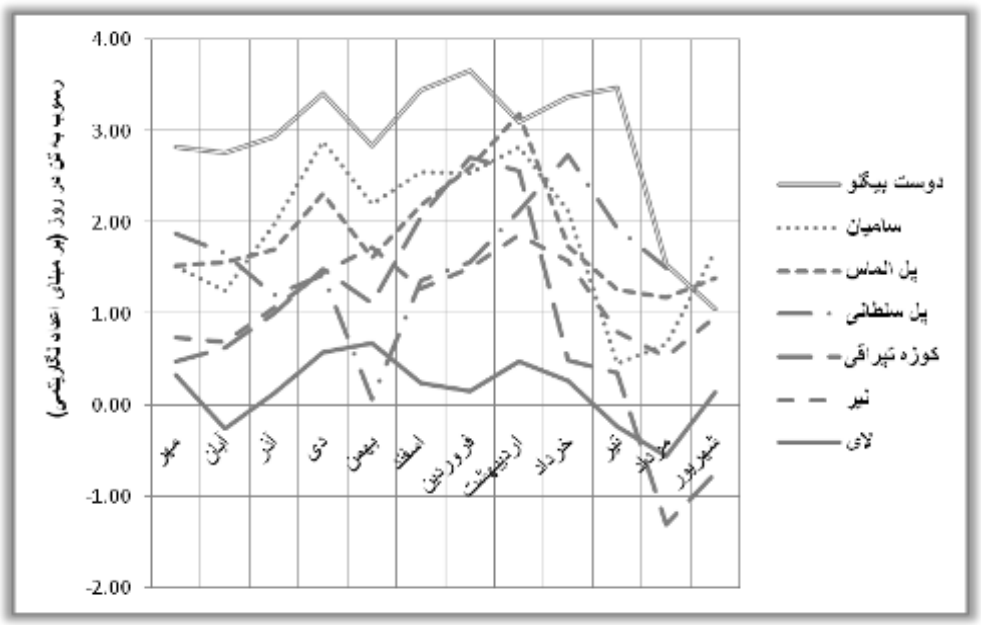
جدول (۳): توزیع رسوب معلق ماهانه (تن در روز) در ایستگاه‌های منتخب حوزه آبریز قره سو (١٣٦٤- ١٣٨٥)

ماهها	ایستگاه‌های هیدرومتری							میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
	لای	نیر	پل سلطانی	پل الماس	کوزه تپراقی	سامیان	دوست بیگلو			
مهر	۲,۱۶	۵,۴۹	۷۴,۷۵	۳۳,۸۹	۳,۰۶	۳۲,۲۵	۶۶۵,۹۲	۱۱۶,۷۹	۲۴۳,۵۱	۲,۰۹
آبان	۰,۵۶	۴,۸۸	۴۵,۷۳	۳۶,۶۱	۴,۲۹	۱۷,۷۳	۵۴۸,۹۰	۹۹,۲۴	۲۱۴,۸۵	۲,۱۶
آذر	۱,۳۴	۱۱,۵۵	۱۵,۸۹	۵۰,۵۵	۱۰,۲۱	۹۳,۳۴	۸۶۲,۸۷	۱۴۹,۳۹	۳۱۶,۲۵	۲,۱۲
دی	۳,۸۰	۲۸,۱۷	۲۶,۵۴	۲۰۶,۵۰	۳۰,۷۲	۷۶۶,۵۰	۲۶۱۶,۹۰	۵۲۵,۶۰	۹۶۱,۵۲	۱,۸۳
بهمن	۴,۸۱	۵۲,۹۵	۱,۱۶	۴۱,۱۲	۱۳,۰۳	۱۵۸,۲۴	۶۹۰,۷۵	۱۳۷,۴۴	۲۴۹,۸۸	۱,۸۲
اسفند	۱,۷۴	۱۸,۷۶	۲۳,۱۵	۱۵۵,۳۴	۱۱۴,۵۰	۳۵۷,۶۲	۲۸۳۶,۲۰	۵۰۱,۰۶	۱۰۳۷,۰۸	۲,۰۷
فروردین	۱,۴۵	۳۱,۰۹	۳۶,۶۷	۳۹۶,۱۷	۵۱۲,۷۵	۳۴۴,۴۲	۴۵۸۹,۳۰	۸۴۴,۵۵	۱۶۶۳,۸۱	۱,۹۷
اردیبهشت	۳,۰۲	۷۲,۶۶	۱۳۳,۶۴	۱۵۴۵,۴۰	۳۶۸,۵۶	۶۷۲,۶۳	۱۲۶۲,۸۰	۵۷۹,۸۶	۶۱۱,۲۳	۱,۰۵
خرداد	۱,۸۹	۳۷,۲۷	۵۵۲,۷۹	۵۴,۴۷	۳,۱۴	۱۳۲,۵۶	۲۳۶۶,۹۰	۴۴۹,۸۶	۸۶۷,۲۹	۱,۹۳
تیر	۰,۵۹	۶,۳۶	۸۷,۹۱	۱۸,۴۴	۲,۲۷	۲,۸۲	۲۹۹۴,۳	۴۴۴,۶۷	۱۱۲۴,۷۱	۲,۵۳
مرداد	۰,۲۸	۳,۳۴	۰,۳۲	۱۵,۱۶	۰,۰۵	۴,۵۴	۳۴,۹۳	۱۲,۹۰	۱۴,۹۵	۱,۱۶
شهریور	۱,۳۸	۹,۱۵	-	۲۴,۹۸	۰,۱۸	۴۸,۲۱	۱۱,۳۲	۱۵,۸۷	۱۸,۱۷	۱,۱۴
میانگین	۱,۹۲	۲۳,۴۷	۹۰,۷۷	۲۱۴,۹۱	۸۸,۵۶	۲۱۹,۲۴	۱۶۲۶,۴۳	۳۲۴,۰۳	۵۰۸,۴۸	۱,۷۹
دامنه تغییرات	۴,۵۳	۶۹,۳۲	۵۵۲,۷۹	۱۵۳۰,۵۴	۵۱۲,۷۰	۷۶۳,۷۳	۴۵۷۷,۹۸	۸۳۱,۶۵	-	-
انحراف معیار	۱,۳۶	۲۱,۹۴	۱۵۲,۰۳	۴۳۳,۷۵	۱۷۰,۲۹	۲۶۳,۶۷	۱۴۲۶,۴۵	۲۶۷,۷۶	-	-

ارقام به‌دست آمده برای میانگین کل حوزه نشان دهنده کمترین تجانس و همگونی میزان رسوب ایستگاه‌ها در فروردین ماه با انحراف معیار ١٦٦٣/٨١ و بیشترین آن در ماه مرداد با انحراف معیار ١٤/٩٥می باشد. این موضوع می‌تواند با رجوع به مقادیر بیشینه و کمینه رسوب متوسط ماهانه که به ترتیب در ماه فروردین (٨٤٤/٥٥ تن در روز) و مرداد (۱۲/۹۰ تن در روز) رخ داده است توجیه گردد. بیشترین ضریب تغییرات متوسط رسوب ماهانه در حوزه مربوط به تیرماه با ۲۵۳ درصد می‌باشد و ماه اردیبهشت با ضریب تغییرات ۱۰۵ درصد، کمترین ناهمگنی

رسوب ماهانه حوزه را داشته است. در کل میزان ناهمگنی و بی نظمی رژیم رسوب ماهانه حوزه در تمامی ماه‌های سال در حد بسیار بالایی بوده و قابل پیش‌بینی نیست. نکته قابل توجه در شاخص ضریب تغییرات دبی و رسوب وقوع رژیم منظم آب‌دهی و به تبع آن رسوب‌دهی ماهانه در ماه اردیبهشت نسبت به سایر ماه هاست که احتمالا ناشی از وقوع بارش‌های زیاد در بیشتر نقاط حوزه در ماه مذکور می‌باشد.

و اما آنچه که در اولین نگاه به نمودار تغییرات ماهانه رسوب (شکل ۸) برداشت می‌شود نوسانات و تفاوت‌های قابل ملاحظه میزان رسوب ماهانه در بین ایستگاه‌های نمونه در مقایسه با الگوی تغییرات ماهانه دبی و بارش ایستگاه‌ها می‌باشد. به طوری که برخلاف نتایج تعمیم یافته برای کل حوزه نمی توان ماه به خصوصی را برای مقادیر بیشینه و کمینه بار رسوبی ماهانه در ایستگاه‌های نمونه انتخاب نمود، بدین ترتیب که بر خلاف سایر ایستگاه‌ها کمینه بار رسوبی در ایستگاه‌های سامیان و دوست بیگلو به غیر از مرداد ماه اتفاق می‌افتد. از طرفی وقوع بیشینه بار رسوبی ماهانه در ایستگاه سامیان در دی ماه، لای در بهمن ماه، دوست بیگلو و کوزه تپراقی در فروردین ماه، پل الماس و نیر در اردیبهشت ماه و پل سلطانی در خردادماه می‌باشد.

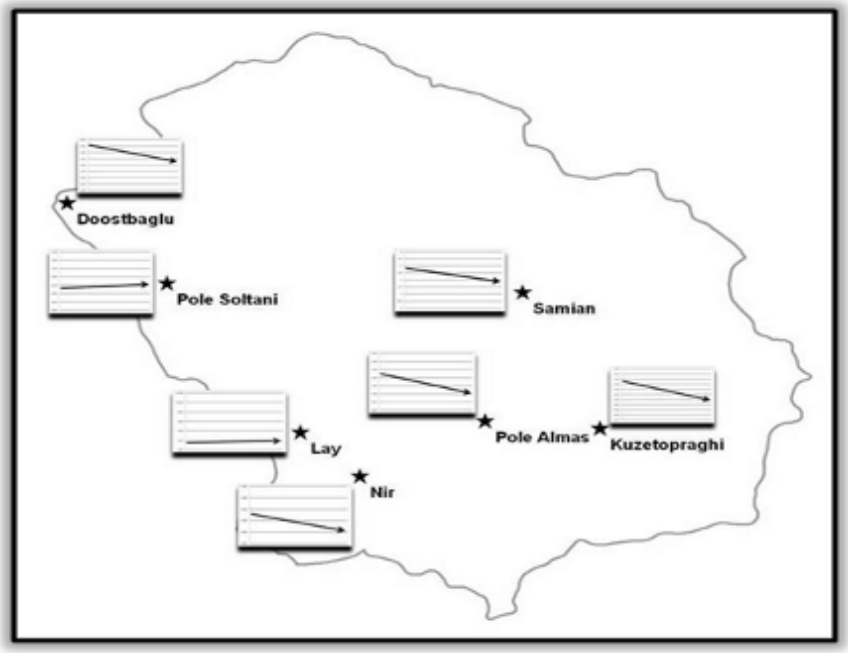


شکل ۸- نمودار توزیع رسوب معلق ماهانه در ایستگاه‌های منتخب حوزه آبریز قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

در بین ایستگاه‌های نمونه تغییرات رسوب ماهانه دو ایستگاه لای و نیر تفاوت زیادی را با دیگر ایستگاه‌ها نشان می‌دهند برای نمونه اولین فراز رسوب ماهانه این ایستگاه‌ها در بهمن ماه اتفاق افتاده است در حالی که ایستگاه‌های دیگر این فراز را در دی ماه تجربه کرده‌اند. این موضوع احتمالا به برودت زیاد هوا در ایستگاه‌های مزبور و طولانی بودن دوره سرما نسبت به سایر ایستگاه‌ها برمی‌گردد که جریان دبی را به تأخیر می‌اندازد. گذشته از این با این که در بیشتر ایستگاه‌ها، یک افت خط منحنی دبی ماهانه در ماه اردیبهشت اتفاق افتاده است ولی در ایستگاه پل

سلطانی و دوست بیگلو این افت، یکی دو ماه دیرتر اتفاق افتاده است. این امر ممکن است ناشی از دوام جریان رودخانه تا تابستان باشد که توان لازم را به رودخانه‌ها در حمل رسوب داده است.

نوسانات رسوب سالانه ایستگاه‌های نمونه طی۲۲ سال آماری (شکل۹) نشان می‌دهد روندهای رسوب معلق در ایستگاه‌های لای و پل سلطانی با شیب ملایمی رو به افزایش است، اما سایر ایستگاه‌ها با سیر نزولی رسوب مواجه هستند. در این بین روند رسوب ایستگاه لای با روند بارش و دبی ایستگاه مذکور هم سو است در حالی که روند افزایشی رسوب در ایستگاه پل سلطانی با روند بارش آن هم سو ولی با روند دبی این ایستگاه نا هم سو می‌باشد این امر می‌تواند اشاره به قابلیت زیاد رسوب دهی در حوزه بالادست ایستگاه مزبور (خیاو چای) داشته باشد که حتی در دبی‌های کم با رسوب قابل توجهی روبروست.



شکل ۹- نقشه تغییرات مکانی روندهای رسوب معلق سالانه در ایستگاه‌های نمونه حوزه قره سو (۱۳۸۵ - ۱۳٦٤)

در راستای تشخیص و تبیین تفاوت‌های مکانی بار رسوب معلق در ایستگاه‌های منتخب و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های بالادست آنها از نظر اقدامات حفاظتی و تخفیف اثرات فرسایشی و تولید رسوب بود سعی گردید تا علاوه بر جدول مقادیر رسوب متوسط و رسوب ویژه ایستگاه‌ها (جدول ٤)، نقشه پراکنش مکانی ـ فضایی میزان بار رسوبی ایستگاه‌های منتخب (شکل ۱۰) تهیه و به نمایش درآید. با در نظر گرفتن این که در جدول شماره ٤ زیرحوزه‌ها به ترتیب مساحت از کوچک به بزرگ (راست به چپ) ردیف شده‌اند و نیز شماره رتبه آنها نیز در سمت چپ ارقام مربوط به رسوب متوسط و ویژه درج گردیده است علاوه بر امکان مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر رسوب دهی می‌توان به رابطه میزان بار رسوبی آنها با مساحت شان نیز پی برد. با توجه به نتایج به دست آمده

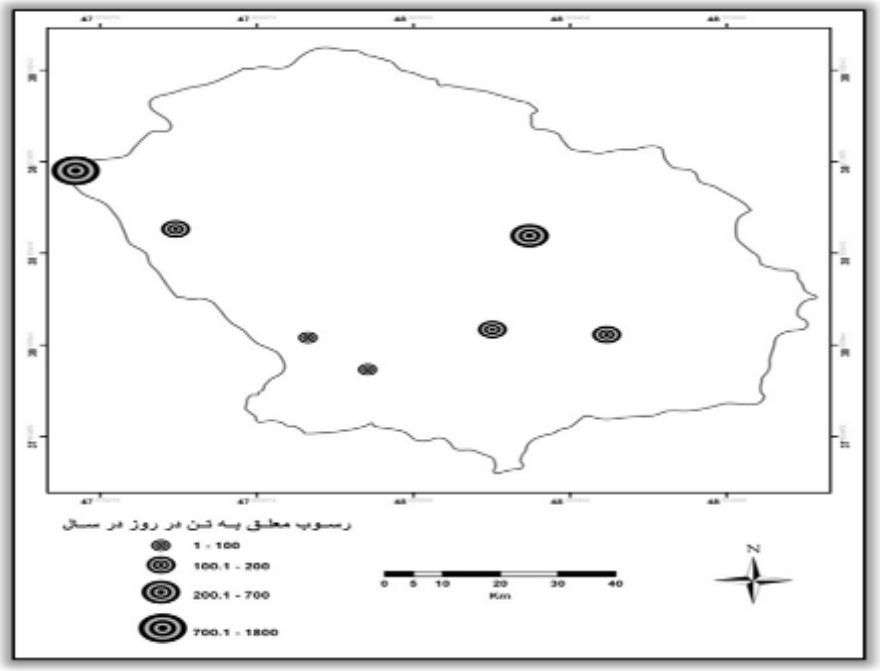
ایستگاه دوست بیگلو بیشترین میزان بار رسوب متوسط سالانه برابر با ۱۷٤۹/۷۹ تن در روز و ایستگاه لای کمترین میزان بار رسوب متوسط سالانه برابر با ۱/۷ تن در روز را دارا بوده‌اند. در مقابل ایستگاه نیر با ۰۱/ . تن در روز در کیلومتر مربع در سال کمترین و ایستگاه پل سلطانی (مشکین شهر) با ۱/٤٦ تن در روز در کیلومتر مربع در سال بیشترین رسوب ویژه را در بین ایستگاه‌ها داشته‌اند.

جدول (٤): مقادیر رسوب متوسط (تن در روز) و رسوب ویژه (تن در روز در کیلومتر مربع در سال)

در ایستگاه‌های منتخب حوزه آبریز قره سو (۱۳۸۵ – ۱۳٦٤)

	لای	پل سطانی	نیر	کوزه تپراقی	پل الماس	سامیان	دوست بیگلو
متوسط رسوب سالانه	(۷)۱/۷	(۳)۱٤۱/۰۸	(۶)۲۵/۱۶	(۴)۱۳۱/۰۸	(۵)۱۱۰/۰۳	(۲)۶۱۸/۵۹	(۱)۱۷۴۹/۷۹
مساحت زیرحوزه (کیلومتر مربع)**	۳۱/۲۵	۹۶/۲۵	۲۵۳/۷۵	۷۸۱/۲۵	۱۱۷۱/۸۷	۴۰۶۶/۸۷	۷۴۵۵/۶۲
رسوب ویژه	(۶). /۰۵	(۱)۱/۴۶	(۷). /۰۱	(۳). /۱۷	(۵). /۰۹	(۴). /۱۵	(۲). /۲۳

** منبع: رضایی بنفشه، ۱۳۶۷



شکل ۱۰- نقشه پراکنش میانگین سالانه رسوب معلق در ایستگاه‌های نمونه حوزه قره سو (۱۳۸۵ – ۱۳٦٤)

مقادیر رسوب متوسط و به خصوص رسوب ویژه ایستگاه پل سلطانی در مقایسه با مساحت کوچک زیرحوزه بالا دست آن (خیاو چای) بسیار قابل توجه است که نشان از حاکمیت فرآیندهای فرسایشی در حوزه بالادست این ایستگاه دارد. در این بین سیلابی بودن رودخانه خیاو (اسکندرپور، ۱۳۸٦) می‌تواند تعیین کننده باشد. برای مثال در تاریخ ۸۲/۳/۹ به مقدار ۵۸۵۰ تن در روز رسوب معلق در این ایستگاه مشاهده شده است که تنها جریانات سیلابی می‌توانسته حمل کننده این میزان رسوب باشد. نکته قابل توجه دیگری که از نتایج فوق به دست آمد این بود که

برخلاف قاعده عمومی مبنی بر کاهش رسوب دهی بـا افـزایش مسـاحت حـوزه، در حـوزه مـورد مطالعـه رابطـه مشخصی بین میزان رسوب زیرحوزه‌ها و عامل مساحت وجود ندارد.

آنچه که از نقشه تغییرات مکانی میزان رسوب در ایستگاه‌های نمونه (شکل ۱۰) برداشت می‌شود اشاره به ایـن دارد که میزان بار رسوبی از طرف زیرحوزه‌ها به سمت شاخه اصلی و خروجی حوزه افزایش می‌یابد. در ایـن بـین وضعیت استثنایی میزان بار رسوبی زیر حوزه خیاو (شمال غرب حوزه) که ایستگاه پل سلطانی بر روی آن احداث گردیده است در مقایسه با بار رسوبی ایستگاه‌های پل الماس و کوزه تپراقی جلب توجه می‌کند.

۳- ۲- تحلیل توأمان روندهای سالانه بارش، دبی و رسوب

در راستای تحلیل ارتباط بین متغیرهای بارش، دبی و رسـوب از لحـاظ تغییـرات زمـانی در ایسـتگاه‌های منتخـب نتایجی به شرح زیر حاصل گردید:

۱- روابط میان روندهای سه گانه بارش، دبی و رسوب تنها در ایستگاه‌های لای و سـامیان هـم سـویه و قرینـه است که در این بین ایستگاه سامیان با هم سویی روندهای نزولی و ایستگاه لای با هم سویی رونـدهای صـعودی مشخص می‌باشد.

۲- هم سویی روندهای نزولی دبی و رسوب در ایستگاه‌های نیر، پل الماس، کوزه تپراقی و دوست بیگلو قابـل مشاهده است.

۳- با این که روندهای بارش و رسوب در ایستگاه پل سلطانی قرینگی داشته و سیر صعودی را نشان مـی‌دهنـد اما روند دبی این ایستگاه با سیر نزولی رو به روست.

علت این که با وجود روند رو به افزایش بارش، شاهد روند کاهشی دبی و به تبع آن کـاهش رسـوب دهـی در ایستگاه‌های نیر، پل الماس، کوزه تپراقی و دوست بیگلو هستیم شاید به بهـره بـرداری زیـاد از آب رودخانـه‌ها در بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری مذکور بر می‌گردد که در ایـن بـین هـدایت مسـتقیم آب بـه کانال‌هـای آبیـاری کشاورزی و یا ذخیره این آب در پشت سدها می‌تواند تأثیر گذار باشد. نگاهی به هـم سـویی رونـدهای افزایشـی بارش، دبی و رسوب در ایستگاه لای به عنوان ایستگاهی که در دامنه کوه سبلان واقع شده و از گزند دخالت‌هـای انسانی تا حدود زیادی دور مانده است می‌تواند شاهدی بر این مدعا باشد. از طرفی نکتـه جالـب توجـه در مـورد نتایج حاصل از تغییرات زمانی دبی، هم زمانی افت خط تغییرات زمانی دبی در ایستگاه‌های نیر، پل المـاس، کـوزه تپراقی، سامیان و دوست بیگلو بعد از سال آبی ۷۵-۷۶ بوده است که در مورد تغییـرات زمـانی رسـوب نیـز افـت مشابهی اما این بار از سال آبی ۷۲-۷۳ در ایستگاه‌های مزبور اتفاق افتاده است. این گونه الگوی تغییـرات مشـابه و

هم زمان در ایستگاه‌های هیدرومتری به احتمال زیاد ناشی از عوامل انسانی است که بر عدم تبعیت روندهای دبی و رسوب از روندهای بارش اثر گذار بوده است.

٤- در ایستگاه پل سلطانی با وجود این که روند دبی سالانه بر خلاف روند بارش، سیر نزولی دارد لیکن روند رسوب سالانه ایستگاه مزبور نیز روند صعودی را نشان می‌دهد و علت این امر همان گونه که قبلا نیز به آن اشاره شد به خصوصیات سیل خیزی ناشی از همراهی عوامل توپوگرافی، جنس زمین و پوشش گیاهی تنک منطقه و عوامل دیگر (اسکندرپور، ١٣٨٦) برمی‌گردد که قدرت و ظرفیت حمل رسوب بیشتری را به رودخانه خیاو در مقایسه با سایر زیرحوزه‌ها بخشیده است.

۳- ۳- تحلیل‌های رگرسیونی

جهت بررسی تأثیر هر یک از متغیرهای بارش و دبی بر میزان بار رسوب معلق ایستگاه‌های نمونه از تحلیل رگرسیونی دو متغیره بر اساس داده‌های میانگین ماهانه متغیرها استفاده گردید که نتایج آن به صورت جداول ۵ و ٦ ملاحظه می‌شود. لازم به ذکر است که مدل‌های رگرسیونی تنها برای آن دسته از روابط آورده شده است که حداقل در سطح ۰/۰۵ معنی دار بودند. روابط رگرسیونی میان متغیرهای بارش (متغیر مستقل) و متغیر رسوب (متغیر وابسته) مطابق جدول ۵ نشان می‌دهد که به غیر از سه ایستگاه پل الماس، کوزه تپراقی و نیر در سایر ایستگاه‌ها روابط همبستگی معنی داری مشاهده نمی شود و در بهترین حالت در ایستگاه کوزه تپراقی متغیر بارش با ضریب همبستگی ۱۸/ . تنها قادر به تبیین ۳ درصد واریانس رسوب دهی است. در کل میزان همبستگی متغیر بارش با رسوب در ایستگاه‌های منتخب در حد بسیار ضعیفی بوده و ارائه مدل‌های رگرسیونی بهینه را حتی برای ایستگاه‌های دارای روابط معنی دار با مشکل مواجه می‌سازد.

جدول (۵): همبستگی متغیر بارش با رسوب در ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو (١٣٦٤- ١٣٨٥)

نام ایستگاه	تعداد نمونه رسوب	میزان همبستگی (R)	ضریب تعیین (R^2)	معنی داری (Sig)	فرمول رگرسیون (Y = a + b x)
پل الماس	۲۰۳	./۱۷	./۰۳	./۰۲	Y = - 170/24 + 17/79 x
پل سلطانی	۱۴۶	./۰۶	./۰۰۳	./۴۸	–
دوست بیگلو	۱۶۸	./۱۲	./۰۱	./۱۳	–
سامیان	۱۴۵	./۰۱	./۰۰	./۸۹	–
کوزه تپراقی	۱۲۱	./۱۸	./۰۳	./۰۵	Y = 33/73 + 4/76 x
لای	۱۷۰	./۰۴	./۰۰۱	./۶۳	–
نیر	۱۹۹	/۱۶	./۰۳	./۰۲	Y = 3/2 + ./72 x

جدول (٦): همبستگی متغیر دبی با رسوب در ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو (١٣٦٤- ١٣٨٥)

نام ایستگاه	تعداد نمونه رسوب	میزان همبستگی (R)	ضریب تعیین (R^2)	معنی داری (Sig)	فرمول رگرسیون (Y = a + b x)
پل الماس	٢٠٣	./٢٧	./٠٨	./٠٠	Y = - 486/09 + 215/25 x
پل سلطانی	١۴۶	./٢۴	./٠۶	./٠٠٣	Y = 91/45 + 2/14 x
دوست بیگلو	١۶٨	./۶٨	./۴۶	./٠٠	Y = - 548/53 + 224/45 x
سامیان	١۴۵	./۶١	./٣٨	./٠٠	Y = - 597/07 + 174/07 x
کوزه تپراقی	١٢١	./٧٢	./۵٢	./٠٠	Y = - 112/18 + 181/94 x
لای	١٧٠	./۶۴	./۴١	./٠٠	Y = - ./ 7 + 16/6 x
نیر	١٩٩	./٠٨	./٠٠٧	./٢۴	-

با توجه به روابط رگرسیونی میان متغیرهای دبی و رسوب (جدول ٦) به غیر از ایستگاه نیر در سایر ایستگاه‌ها شاهد روابط همبستگی معنی دار و قابل قبول هستیم. با این حال این روابط همبستگی در ایستگاه‌های پل سلطانی و پل الماس به ترتیب با ضریب همبستگی ٢٤/ . و ٢٧/ . در حد ضعیف و در ایستگاه‌های لای با ضریب همبستگی ٦٤/ .، ایستگاه کوزه تپراقی ٧٢/ .، ایستگاه سامیان ٦١/ . و ایستگاه دوست بیگلو با ٦٨/ . در حد خوبی است. در بهترین حالت متغیر دبی قادر به تبیین ۵٢ درصد تغییرات رسوب دهی در ایستگاه کوزه تپراقی بوده که قابل توجه است.

در بخش دوم ارتباط متغیرهای سه گانه، با استفاده از تحلیل رگرسیونی چند متغیره و دخالت دادن متغیرهای بارش (x_1) و دبی (x_2) به عنوان متغیرهای مستقل و متغیر رسوب معلق به عنوان متغیر وابسته سعی گردید تا روابط بهینه و مدل‌های رگرسیونی مربوطه استخراج گردیده و در پیش بینی مقادیر رسوب به کار گرفته شوند. این روابط همانند روابط قبلی در قالب جدول ٧ ارائه گردیده است.

جدول (٧): همبستگی متغیرهای دبی و بارش با رسوب در ایستگاه‌های منتخب حوزه قره سو (١٣٦٤- ١٣٨٥)

نام ایستگاه	تعداد نمونه رسوب	میزان همبستگی (R)	ضریب تعیین (R^2)	معنی‌داری (Sig)	فرمول رگرسیون ($Y = a + b x_1 + b x_2$)
پل الماس	٢٠٣	./٢٩	./٠٩	./٠٠	$Y = - 666/91 + 10/97 x_1 + 193/85 x_2$
پل سلطانی	١۴۶	./٢۵	./٠۶	./٠١	$Y = 52/66 + 1/43 x_1 + 2/16 x_2$
دوست بیگلو	١۶٨	./۶٨	./۴۶	./٠٠	$Y = - 815/11 + 9/72 x_1 + 222/74 x_2$
سامیان	١۴۵	./۶١	./٣٨	./٠٠	$Y = - 536/94 – 2/61 x_1 + 174/34 x_2$
کوزه تپراقی	١٢١	./٧٢	./۵٢	./٠٠	$Y = - 119.64 + ./34 x_1 + 181/21 x_2$
لای	١٧٠	./۶۴	./۴١	./٠٠	$Y = - ./99 + ./009 x_1 + 16/62 x_2$
نیر	١٩٩	./١٨	./٠٣	./٠۴	$Y = - 1/48 + ./71x_1 + 3/8 x_2$

با توجه به روابط حاصله در تمام ایستگاه‌های نمونه مدل‌های قابل قبولی به دست آمده است و می‌توانند در برآورد رسوب ایستگاه‌های منتخب به کار برده شود. در این بین مدل رگرسیونی به دست آمده در ایستگاه کوزه

تپراقی با ضریب همبستگی ۷۲/ ۰، ضریب تبیین ۵۲/ ۰ و سطح معنی داری ۰/۰۰ به عنوان بهترین مدل و مدل رگرسیونی ایستگاه نیر با ضریب رگرسیون ۱۸/ ۰، ضریب تبیین ۰/۰۳ و سطح معنی داری ۰/۰٤ به عنوان ضعیف ترین مدل شناخته می‌شود. در این بین بایستی توجه داشت که با مقایسه نتایج سه جدول فوق تأثیر بیشتر متغیر دبی (نسبت به متغیر بارش) بر متغیر رسوب در ایستگاه‌های منتخب واضح و مسلم بوده و سهم غالب این متغیر در معادلات رگرسیونی و پیش بینی میزان رسوب ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

٤- نتیجه گیری

در کل نتایج حاصل از روابط رگرسیونی دو متغیره میان بارش و رسوب دهی در ایستگاه‌های مورد مطالعه حاکی از عدم رابطه یا رابطه بسیار ضعیف بارش با رسوب دهی بود و متغیر میزان متوسط بارش قادر به توضیح تغییرات رسوب دهی را تبیین نمود. از طرفی به جز ایستگاه‌های لای و پل سلطانی روند تغییرات زمانی رسوب با روند تغییرات بارش هم سویی نداشت. این نتایج با نتایج کارهای کلو و والینگ (۱۹۸۳)، Bobrovistkaya و همکاران (۲۰۰۳)، همتی و همکاران (۱۳۸۰) (حوزه آبخیز مرکزی مازندران) هم خوانی داشته و در مقابل با نتایج تحقیقات Ferraresi (۱۹۹۰) و میرابوالقاسمی و مرید (۱۳۷٤) مغایرت نشان می‌دهد. بر خلاف متغیر بارش، با توجه به روابط رگرسیونی میان داده‌های نمونه رسوب و دبی متناظر آن، متغیر دبی توانست در بهترین حالت در ایستگاه کوزه تپراقی بیش از ۵۲ درصد واریانس رسوب دهی را توضیح داده و مدل‌های نسبتا خوبی از رابطه متغیر مزبور با بار رسوب معلق حوزه‌ها به دست آمد. با مشارکت دادن دو متغیر بارش و دبی در تحلیل رگرسیونی چند متغیره نیز تأثیر ضعیف متغیر بارش در رسوب برآوردی آشکار بود.

مقادیر تعمیم یافته تغییرات ماهانه رسوب برای کل حوزه نشان دهنده بیشترین تولید رسوب در ماه فروردین و کمترین آن در مرداد ماه بود که با کمینه و بیشینه آب دهی ماهانه مطابقت داشته اما در مورد بارش تنها بخش کمینه ماهانه بارش با رسوب تطابق زمانی دارد. در مورد تغییرات فصلی رسوب نتایج حاکی از بیشترین میزان رسوب دهی در فصل بهار و کمترین آن در فصل پاییز بوده است. این با نتایج کار Tramblay و همکاران (۲۰۰۸) (در بخش بیشینه بهاره) و آقابیگی (۱۳۸٤) مطابقت داشته و در مقابل با نتایج تحقیق Lecce و همکاران (۲۰۰٦) هم خوانی ندارد. از طرفی با توجه به این که تغییرات روند سالانه بارش به غیر از ایستگاه سامیان در سایر ایستگاه‌ها حالت صعودی داشت، با حذف اثر گذاری این عامل در روند کاهشی آب دهی و به تبع آن بار رسوبی زیرحوزه‌ها و نیز با در نظر گرفتن وقوع تغییرات مشابه در میزان دبی و رسوب پنج ایستگاه از هفت ایستگاه منتخب چنین استنتاج گردید که عوامل انسانی در این تغییرات دخیل بوده‌اند. شروع ساخت شمار قابل توجهی از سدهای ذخیره آب بر روی سرشاخه‌های حوزه مورد مطالعه طی دهه ۷۰ شاهدی بر این موضوع باشد. نتایج تحقیقات Walling

(۲۰۰۸) نشان داد که اقدامات منفی انسانی موجب کاهش رسوب دهی در برخی از رودخانه‌های دنیا شده است. هم چنین Yang و همکاران (۲۰۰٤) نیز در بررسی رسوب معلق رودخانه یانگ تسه به این نتیجه رسیدند که تغییرات بلند مدت رسوب دهی رودخانه مذکور در ارتباط با فعالیت‌های انسانی از قبیل احداث سد و معدن کاری بوده است. این روند گمراه کننده کاهشی رسوب و جمع شدن رسوبات در پشت مخازن سدها باعث خواهد شد زیان‌ها و خسارات ناشی از این امر در آینده بر صدمات و آسیب‌های ناشی از تخریب و هدر رفت خاک و کاهش زمین‌های قابل کشت افزوده شود.

برآورد رسوب ویژه در ایستگاه‌های نمونه نیز نشان داد که ایستگاه پل سلطانی با رسوب ویژه ۱/٤٦ تن در روز در کیلومتر مربع در سال به عنوان بحرانی ترین حوزه از نظر فرسایشی و تولید رسوب مطرح بوده و ایستگاه نیر با رسوب ویژه ۰/۰۱ تن در روز در کیلومتر مربع در سال بدین لحاظ از شرایط خوبی برخوردار است.

در نهایت پیشنهاد می‌شود جهت دست یابی به روابط دقیق تر متغیر بارش با رسوب دهی در حوزه‌ها از خصوصیات مهم بارش چون شدت و مدت بارندگی در تحلیل‌های رگرسیونی استفاده گردد. از طرفی نبایستی از اثر دیگر عوامل مؤثر بر رسوب دهی مانند زمین شناسی، مورفولوژی و پوشش گیاهی حوزه غافل ماند، چرا که ممکن است در برخی حوزه‌ها، عوامل فوق بسته به شدّت و ضعف آنها تأثیر بیشتری بر روی فرسایش و تولید رسوب داشته باشند. وضعیت فرسایشی و تولید رسوب در زیرحوزه بالادست ایستگاه پل سلطانی شاهدی بر ضرورت توجه به این گونه متغیرهاست.

منابع

۱-آقابیگی امین، سهیلا (۱۳۸٤). الگوی تغییرات زمانی و مکانی رسوب معلق در زیرحوزه‌های مهم رودخانه هراز ، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- اسکندرپور، مرتضی علی (۱۳۸٦). پیش بینی سیلاب در حوزه آبریز خیاوچای بر مبنای عوامل آب و هوایی، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.

۳- تلوری، عبدالرسول و همکاران (۱۳۸۵). مدل سازی تغییرات زمانی رسوب در حوزه آبخیز گاران در استان کردستان، پژوهش و سازندگی، شماره ۷۵، صص ٦٤-۷۰.

٤- ثقفیان، بهرام و همکاران (۱۳۸٤). تجزیه و تحلیل منطقه‌ای رسوب معلق بر مبنای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل‌های GIS، سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران: مرکز تحقیقات حفاظت خاک وآبخیزداری کشور.

۵- جلالی و همکاران (۱۳۸٦). برآورد بار معلق رسوب ایستگاه هیدرومتری آبلو ـ نکارود با استفاده از منحنی سنجه رسوب و شبکه عصبی مصنوعی، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ـ مدیریت حوزه‌های آبخیز، کرج: دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

٦- حکیم خانی، شاهرخ و عرب خدری، محمود (۱۳۸۵). تحلیل رگرسیونی بین رسوب معلق و ویژگی‌های هیدروژئومرفولوژیک حوزه دریاچه ارومیه، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۷، شماره۲، صص ۲۲۳- ۲۳۱.

۷- خداشناس، رضا و دیگران، ۱۳۸۷. ارائه مدل‌های رگرسیونی چند متغیره برآورد رسوب در حوزه‌های شمال استان خراسان، مجله آب وخاک، جلد۲۲، شماره۲، صص ۱۵۰- ١٦٤.

۸- رضایی بنفشه، مجید (۱۳۸۲). تحلیل و مدل‌بندی رژیم‌های بارش در حوزه آبریز قره سو، رساله اخذ دکتری اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تبریز.

۹- رضایی بنفشه، مجید (۱۳٦۷). هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کمی حوزه آبریز قره سو، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱۰- شعبانی، محمد و همکاران (۱۳۸٦). بررسی عوامل مؤثر بر رسوب دهی حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)، نشریه منابع طبیعی، دوره٦۰، شماره۳، صص ۷۵۹- ۷۷۱.

۱۱- صادقی، حمیدرضا و همکاران (۱۳۸۵). تحلیل منطقه ای رسوب معلق در حوزه اصفهان و سیرجان، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره۳، صص ۵۱- ٦۵.

۱۲- عرب خدری، محمود و زرگر، اکبر (۱۳۷٤). مدل رگرسیونی برآورد میزان رسوب آبخیز در البرز شمالی ، مجموعه مقالات اولین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران: معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی صص ٤۰۳- ٤۱۸.

۱۳- علیجانی، بهلول (۱۳۸۵). آب و هوای ایران، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱٤- فیض نیا و همکاران (۱۳۸٦). بررسی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در تخمین رسوب معلق روزانه (بررسی موردی: حوزه آبخیز زرد رامهرمز در استان خوزستان)، نشریه دانشکده منابع طبیعی، دوره ٦۰، شماره ٤، صص ۱۱۹۹- ۱۲۱۰.

۱۵- قدیمی عروس محله، فریدون و امین سبحانی، ابراهیم (۱۳۷۸). تعیین الگوی توزیع آماری رسوب معلق حوزه آبریز دریاچه نمک، پژوهش و سازندگی، شماره٤٤، صص ۹٤- ۹۹.

۱٦- لال، راتان (۱۳۸۳). روش‌های تحقیق در فرسایش خاک، ترجمه احمد محمودزاده، ارومیه، انتشارات

دانشگاه ارومیه.

۱۷- مجیدپور، بهنام (۱۳۸۱). تحلیل مکانی و زمانی بارش‌های ماهانه استان اردبیل، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تبریز.

۱۸- مساعدی، ابوالفضل و همکاران (۱۳۸۵). بهینه سازی روابط دبی جریان و دبی رسوب معلق در ایستگاه‌های منتخب رودخانه گرگانرود، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۵۹، شماره ۲، صص ۳۳۱-۳٤۲.

۱۹- معتمد وزیری و همکاران (۱۳۸۸). بررسی امکان مدل سازی بار معلق با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زنجانرود)، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ٦۲، شماره ۲، صص ۲۸۳- ۲۹۸.

۲۰- معظمی، محمد و فیض نیا، سادات (۱۳۸٦). آنالیز ناحیه ای رسوب معلق (مطالعه موردی رودخانه جراحی)، چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران ـ مدیریت حوزه‌های آبخیز، کرج: دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۲۱- موسوی و همکاران (۱۳۸۵). بررسی رسوب در مخزن سد زاینده رود با استفاده از مدل‌های تجربی افزایش و کاهش سطح، نشریه آب و فاضلاب اصفهان، شماره ۵۷، صص ۷٦- ۸۲.

۲۲- میر ابوالقاسمی، هادی و مرید، سعید (۱۳۷٤). بررسی رسوب خیزی حوزه آبخیز رودخانه کرخه و برخی عوامل مؤثر بر آن، مجموعه مقالات اولین همایش ملی فرسایش و رسوب، تهران: معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی، صص ٤٦۱- ٤۷۵.

۲۳- مهندسین مشاور بوم آباد (۱۳۷٦). مطالعات توجیهی حوزه آبریز قره سو (جلد ۱۳: سنتز مطالعات)، دفتر مهندسی و مطالعات منایع طبیعی، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور.

۲٤- وروانی، جواد و همکاران (۱۳۸٦). ارزیابی کارایی مدل‌های تجربی برآورد رسوب حوزه‌های آبخیز در زمان سیلاب‌های منفرد و ارائه ضرائب اصلاحی، نشریه دانشکده منابع طبیعی، دوره٦۰ ، شماره٤، صص ۱۲۲۵- ۱۲۳۹.

۲۵- وروانی، جواد و همکاران (۱۳۸۱). آنالیز ناحیه ای رسوب معلق با استفاده از معادله رگرسیونی در حوزه آبخیز گرگانرود، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۵۵، شماره ۱، صص ۳۵- ٤۷.

۲٦- همّتی، محمد و همکاران (۱۳۸۰). بررسی رابطه رسوب دهی حوزه‌های آبخیز با لیتولوژی و عوامل بارش مؤثر، همایش ملی مدیریت ارضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک: مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی, مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری ، صص ۲۳٤- ,۲٤٤

27-Bobrovistkaya, Nelly. N., Kokorev, Alexander V., and Lemeshko, Nataly A. (2003).

Regional patterns in recent trends in sediment yields of Eurasian and Siberian rivers. Global and Planetary Change 39: 127-146.

28-Branson, F. and Owen, J. (1970). Plant cover, runoff, and sediment yield relationships on Mancos shale in western colorado. Water Resources Research 6(3): 783-790.

29-Bray, D.I., and Xie, H. (1993). A regression method for estimating suspended sediment yields for ungauged watersheds in Atlantic Canada. Canadian Journal of Civil Engineering, 20(1): 82-87.

30-Colvo, Alvardo Julio C., and Gregory D.J. (1997). Predicting mean annual runoff and suspended sedimentry yield in rural watersheds in North Carolina. WRRI Research Reports N.37.

31-Ferraresi, M. (1990). The regionalization of fluvial sediment yield in Emilia Romagna (northern Italy). International symposium on regionalization in hydrology,Ljubljana, IAHS publish, vol. 191: 253-260.

32-Grauso,Sergio et al. (2007). Relations between climatic-geomorphological parameters and sediment yield in a mediterranean seme-arid area (Sicily, southern Italy). Environmental Geology 54: 219-234.

33-Janssen, J.M.L and Painter R.B. (1979). Prediction sediment yield from climate and topography. Journal of Hydrology 21: 371-380.

34-Lajczak, Adam and Jansson, Margareta. (1993). Suspended Sediment Yield in the Baltic Drainage Basin. Nordic Hydrology 24: 31-52.

35-Lecce, Scott A. et al. (2006). Seasonal controls on sediment delivery in a small coastal plain watershed, North Carolina, USA. Geomorphology 73: 246-260.

36-Restrepo, Juan D., Lopez, Sergio A. And Restrepo, Juan C. (2009). The effects of geomorphic controls on sediment yield in the Andean rivers of Colommbia. Latin American Journal of Sedimontology and Basin Analusis 16 (2): 79-92.

37-Restrepo, Juan.D., Kgerfve, BjÖrn., Hermelin. Michel., Restrepo, Juan.C (2006). Factors controlling sediment yield in a major South American drainage basin : the Magdalena river, Colombia. Journal of Hydrology 316: 213-232.

38-Roman, David C.,Vogel, Richard M. and Schwarz, Gregory E.(2010). Multivariate models of watershed suspended sediment loads for the Eastern United States. Urban Water Resources Research Council - 7th Urban Watershed Management Symposium: 3133-3144.

39-Sanjai, K.Jain., Singh, Pratap., Saraf, A.K., Seth, S.M (2003). Estimation of sediment yield for a rain, snow and glacier Fed river in the Western Himalayan region. Water Resources Management 17: 377-393.

40-Tramblay, Yves., St-Hilaire, Andre and Ouarda, Taha B. M. J. (2008). Frequency analysis of maximum annual suspended sediment concentrations in North America. Hydrological Sciences Journal 53: 236-252.

41-Verstraeten, Gert and Poesen, Jean. (2001). Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated cathments in a temperate humid climate. Geomorphology 40: 123-144.

42-Walling, D. E. (2008). The changing sediment loads of the world’s rivers. Land Reclamation 39: 3-20.

43-Yang, S.L et al (2004). Effects of human activities on the Yangtze suspended sediment flux into the estuary in the last century. Hydrology and Earth System Sciencies 8(6): 1210-1216.